

O WYSTĘPOWANIU ROZPROSZONEGO URANINITU W GRANITACH KARKONOSZY

UKD 549.514.97.06:548.4:552.321.1:550.422:546.791(438—14:234.572)

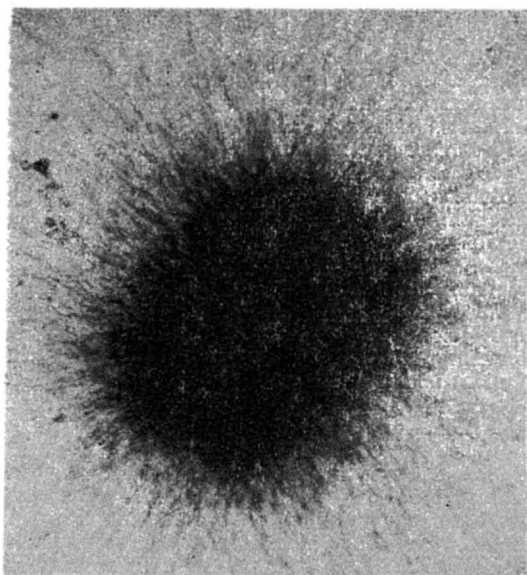
Większość złóż uranowych na obszarze Europy wykazuje ścisły związek przestrzenny z hercyńskimi skałami granitoidowymi. Związek genetycznych granitoidów ze złożami uranu jest nie mniej istotny, choć badania wieku izotopowego masywów granitoidowych i występujących w ich obrębie lub sąsiedztwie złóż uranu nie pozwalają już na rozpatrywanie tego związku genetycznego w kategoriach klasycznych teorii powstawania złóż hydrotermalnych. Zjawisko dużego rozstępu czasowego między powstaniem granitu i powstaniem złóż uranu, po raz pierwszy stwierdzone w Górach Kruuszwyczych (7), zostało następnie potwierdzone w wielu złożach na obszarze Francji (6), gdzie rozstęp ten wynosił średnio 50 mln lat. Porównanie wieku granitu Karkonoszy oraz wieku mineralizacji uranowej, występującej w południowo-wschodniej osłonie tego masywu (9), wykazało istnienie rozstępu 35 mln lat (wiek granitu 300 i wiek mineralizacji 265 mln lat). Dane te wykazują, że duże różnice czasowe między powstawaniem masywów granitoidowych, oraz przestrzennie z nimi związanej złóż uranowych, jest ogólną prawidłowością.

Odejście od klasycznych teorii hydrotermalnych pociągnęło za sobą konieczność poszukiwania nowych koncepcji genezy złóż. Kluczem do nich stały się badania rozmieszczenia uranu w skałach granitoidowych. Połączenie kilku, wzajemnie się uzupełniających metod analitycznych: chemicznej, radiometrycz-

nej, aktywacyjnej, mikroanalizy rentgenowskiej oraz autonadiografii sprawiło, że w chwili obecnej geochemiczny charakter rozmieszczenia uranu w skałach granitoidowych jest lepiej znany niż charakter rozmieszczenia jakiegokolwiek innego pierwiastka.

Badania prowadzone głównie na obszarze francuskiego Masywu Centralnego wykazały (3), że jednym z głównych wskaźników petrograficznych występowania złóż uranu jest wysoka i względnie stała w skałach masywu zawartość uranu, w licznych wypadkach przekraczająca 20 ppm (przy klasycznych zawartościach uranu w granitach około 4 ppm). Granitoidy o tak wysokiej zawartości uranu zwykle wykazują intensywne przejawy takich zjawisk, jak: muskowityzacja biotytów, albityzacja skaleni, chlorytacja itp. Zjawiska te są wynikiem procesów, które ogólnie określa się jako autometamorfizm lub ewolucja deuteryczną. Szczegółowe badania prowadzone w dużym stopniu na materiale z wierceń i wyrobisk górniczych, a więc na próbkach, które nie uległy wpływom wietrzenia w warunkach powierzchniowych, wykazały (12), że uran występuje w granitoidach w trzech głównych formach:

- podstawiony diadochowo w minerałach akcesorycznych (głównie cyrkon, monacyt, apatyt);
- rozproszony w mikrospękaniach, na granicy ziarn, itp;
- w postaci mikrokryształów uraninitu.



Ryc. 1a. Ziarno uraninitu w obrazie mikroautoradiografii alfa. Pow. 200 X.

Fig. 1a. Uraninite grain in the alfa microautoradiographic image; x 200.

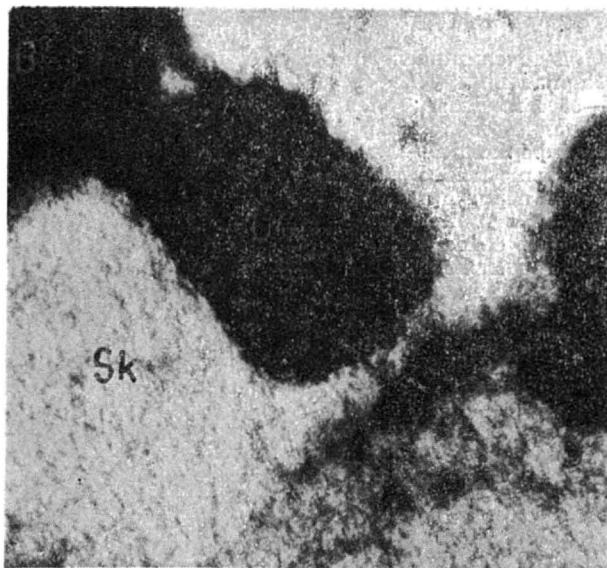
Udział poszczególnych form uranu w różnych masywach granitoidowych jest różny. Okazało się, że w masywach granitoidowych zawierających w swym obrębie złoża uranu (np. masyw St Sylvestre, Mortagne, Bois Noirs) udział uranu w postaci mikrokryształów uraninitu dochodzi do 70%. Granitoidy te uległy intensywnym procesom metasomatycznego przeobrażenia, choć nie jest to regułą (np. biotytowe granity z Bois Noirs).

Występowanie uraninitu jako minerału akcesorycznego w granitach jest znane od pierwszych lat naszego wieku, jednak szczególną uwagę zwrócono na to zjawisko dopiero w ostatnich latach, gdy zauważono omówione znaczenie metalogeniczne. Omówienie poszczególnych wystąpień submikroskopowego uraninitu w granitoidach miałooby się z celem (obszerną bibliografię podaje R. Coppens, 2).

Prawie zawsze uraninit w granitach występuje w postaci automorficznych kryształów o pokroju sześciennym lub ośmiościennym. W świetle odbitym jest szary, a pod względem zdolności odbicia światła podobny do pechblendy. Wielkość kryształów wynosi średnio 10–15 μm . Kryształki te tkwią w minerałach skałotwórczych — łuszczkach, skaleniach, na granicach ziarn, a również w minerałach akcesorycznych (np. apatycie). Szczególnie uprzywilejowane wydają się okolice poszczególnych blaszek lub skupień biotytu. Wstępne dane geochronologiczne uzyskane dla rozproszonego uraninitu z granitoidów Masywu Centralnego wskazują, że wiek tego uraninitu mieści się w przedziale 280–330 mln lat, a więc jest współczesny z wiekiem granitoidów, a nie z wiekiem złóż uranowych.

Powszechne występowanie mikrokryształów uraninitu nie jest ograniczone wyłącznie do hercyńskiej prowincji uranowej zachodniej Europy. Wrostki uraninitu o wielkości do 0,7 mm (przeciętnie 0,1–0,3 mm) występują w prekambryjskich migmatytach Wheeler Basin (Kolorado, USA). Wrostki te mają wyraźnie wykształcony pokrój sześcienny, miejscami zatarty przez otoczkę wtórnych minerałów uranowych (14).

Rozproszony w skałach mikrokryształiczny uraninit może mieć bezpośrednie znaczenie złożowe. Przykładem jest złożo Rössing koło Swakopmund (Namibia, Afryka Południowa). W złożu tym, powstałym na granicy prekambriu i kambriu, uraninit o wielkości kryształów około 0,3 mm występuje w koncentracjach złożowych (1).



Ryc. 1b. To samo ziarno uraninitu (U) zawarte w skaleniu (Sk) w pobliżu blaszki biotytu (B). Światło przechodzące, nikole równoległe, pow. 200 X.

Fig. 1b. The same uraninite grain (U) set in feldspar (Sk) in the proximity of biotite plate (B); transmitting light, parallel nicols, x 200.

Badania nad rozmieszczeniem uranu w dolnośląskich granitoidach prowadzono od dawna (11, 13). Najlepiej rozpoznana jest geochemia uranu w granitoidowym masywie Karkonoszy (5, 4, 8). Badania wykazały, że granit Karkonoszy na tle innych granitów dolnośląskich wyróżnia się wyjątkowo wysoką zawartością uranu, która wynosi średnio 12,7 ppm. Na tym stosunkowo wysokim tle wyraźnie zaznacza się obszar północno-wschodniej części Kotliny Jeleniogórskiej, w którym średnia zawartość uranu w próbkach pobranych z powierzchni wzrasta do 22,7 ppm. Anomalnie wysoką zawartością charakteryzuje się obszar głównego grzbietu Karkonoszy (16,4 ppm). Badania ługowności wykazały, że jest ona ogólnie wysoka, najwyższa zaś w rejonach o najwyższych zawartościach uranu. Badania nad rozmieszczeniem pierwiastków promieniotwórczych wykonane za pomocą emulsji jądrowych wykazały, że uran występuje głównie w przestrzeniach międzyziarnowych, w mikrospekaniach minerałów skałotwórczych oraz w obrębie minerałów wtórnych powstałych w wyniku procesów pomagmowych (serycyt, epidot, chloryt). Na podstawie omówionych wyników badań wyciągnięto wniosek, że wzbogacenie w uran było wynikiem procesów autometamorficznych.

Problemem uranu w granitoidach sudeckich autorzy zainteresowali się bliżej po zwiedzeniu złóż uranowych francuskiego Masywu Centralnego. Porównanie chemizmu, stwierdzenie i zlokalizowanie charakterystycznych stref metasomatycznych przeobrażeń granitów karkonoskich oraz ich pozycja tektoniczna, wszystko to wskazywało na duże podobieństwo granitoidów sudeckich do niektórych granitoidów uranonośnych francuskich. Występowanie dużych ilości uranu w granitoidach Karkonoszy w formie geochemicznie mobilnej (mikroszczelinki, przestrzenie międzyziarnowe) masowało przypuszczenie, że uran mobilny jest uwolniony z innej formy mineralogicznej, w której występował pierwotnie w skale. Sugestia ta wynikała z wcześniejszych obserwacji (5), podczas których „w około 30 szlifach pokrytych emulsją napotkano jedynie 2 bardzo drobne, wielkości kilku mikronów, czarne kryształy, wykazujące silną radioaktywność alfa. Mogły to być bardzo drobne kryształy uraninitu”.

Sprawą kluczową dla stwierdzenia obecności uraninitu w granitach Karkonoszy było uzyskanie do badań materiału skalnego nie wykazującego wpływu przepowierzchniowych procesów wietrzeniowych. Nie-



Ryc. 2a. Ziarno uraninitu na brzegu blaszki biotytu (B). Światło odbite, nikole skrzyżowane, pow. 100 X.

Fig. 2a. Uraninite grain at the margin of biotite plate (B). Reflected light, crossed nicols, $\times 100$.

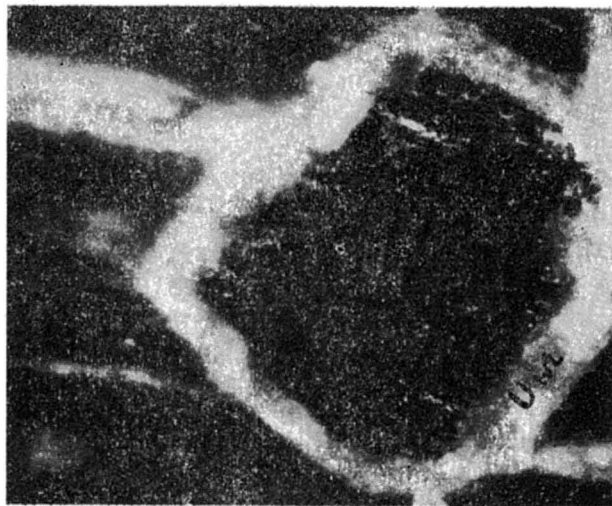
korzystny był fakt, że północno-wschodnia część Kotliny Jeleniogórskiej, w której występuje najwyższe wzbogacenie w uran, jest jednocześnie obszarem najgłębszego zasięgu strefy wietrzenia. W warunkach specyficznego układu spękań strefa ta, wykształcona jako charakterystyczna „kasza granitowa”, może sięgać 80 m. Niewysokie, sterczące nad dnem doliny „kopki” granitowe są również w znacznym stopniu zwietrzałe.

W tej sytuacji zwrócono uwagę na odwiercony w 1960 r. w zachodnich Karkonoszach otwór Karkonosze IG-1. W granitach z tego otworu stwierdzono wysokie zawartości uranu do 90 ppm. Strefa zwietrzenia dochodzi w tym miejscu do 40 m (10). Stwierdzono wyraźną różnicę w zawartości uranu w granitach strefy zwietrzenia (średnia 14,4 ppm) i poniżej tej strefy (średnia 19,8 ppm), gdzie występują również najwyższe jego zawartości. Jest to dowodem, że wysoka koncentracja tego pierwiastka nie jest wynikiem wzbogacenia w strefie wietrzenia (np. w wyniku procesów infiltracyjnych) a przeciwnie — w warunkach przypowierzchniowych zachodzi zubożenie w uran.

W celu potwierdzenia hipotezy o występowaniu mikrokryształów uraninitu w granitach Karkonoszy posłużono się techniką klisz jądrowych. Płytki cienkie wycięte z próbek świeżego granitu przykrywano kliszami jądrowymi, które eksponowano przez 30 dni. Wywołane klisze ujawniły w większości preparatów silne centra promieniotwórczości. Ilość torów cząstek alfa wywodzących się z poszczególnych centrów była niepoliczalna (ryc. 1a).

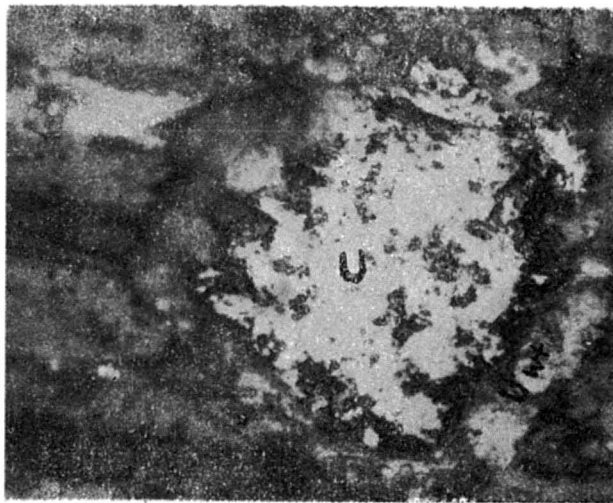
Obok tych centrów stwierdzono również nieznaczna promieniotwórczość rozproszoną oraz na ogół słabą, pochodzącą od wrostków minerałów akcesorycznych, cyrkonów, allanitów itp. Dzięki bardzo intensywnemu zaczerpnieniu klisz jądrowych w centrach promieniotwórczości widocznych gołym okiem, lokalizacja ich na płytkach cienkich za pomocą mikroskopu nie przedstawiała większych trudności (ryc. 1b). Przeważnie ilość centrów promieniotwórczości w jednym szlifie wynosiła jedno lub kilka; w jednej z płytek cienkich stwierdzono ich aż 18. Obserwacje zlokalizowanych na szlifach minerałów radioaktywnych prowadzono za pomocą mikroskopu do światła przechodzącego i na mikroskopie kruszcowym w świetle odbitym. Badania te pozwoliły stwierdzić, że promieniotwórczość jest związana z występowaniem bardzo drobnych kryształów uraninitu. Wielkość poszczególnych ziarn waha się w dość szerokich granicach od kilkunastu do kilkudziesięciu mikronów, a jedno z nich miało nawet wielkość około 200 μm .

Kryształy mają przekrój sześcienny (ryc. 2a, b, c), niekiedy nieco zdeformowany. W płytkach cienkich



Ryc. 2b. To samo ziarno uraninitu (U). Widoczna bardzo wyraźnie otoczka wtórnych minerałów uranowych (Uwt). Światło odbite, nikole skrzyżowane, pow. 400 X.

Fig. 2b. The same uraninite grain (U). A coating of secondary uranium minerals (Uwt) very clearly marked. Reflected light, crossed nicols, $\times 400$.

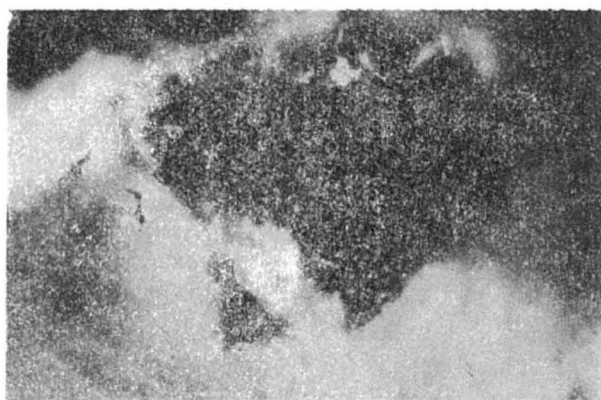


Ryc. 2c. To samo ziarno uraninitu (U) w świetle odbitym równoległym. Pow. 400 X.

Fig. 2c. The same uraninite grain (U) in reflected parallel light, $\times 400$.

obserwuje się także przekroje powstałe przez przypadkowe przecięcia sześcienu (ryc. 3a, b). Wszystkie obserwowane wrostki uraninitu występowały w pobliżu skupień biotytu lub na brzegu tabliczek tego minerału. Stopień zachowania biotytu w badanych skałach jest różny. Niektóre partie skały wykazują wyraźną choć nie całkowitą chloryzację tego minerału. Chloryzacja postępuje od brzegów ziarn i wzdłuż płaszczyzn łupliwości. Produktem dodatkowym tego procesu są drobne wydzielania czarnych lub brunatnych tlenków żelaza. W obszarach, gdzie zachodziła chloryzacja biotytu nigdy nie obserwowano mikrokryształów uraninitu, wszystkie związane były wyłącznie z bardzo świeżymi blaszkami biotytu.

Na uwagę zasługuje fakt, że kryształy uraninitu zawarte w biotycie nie wykazują wokół siebie pól pleochroicznych, gdy daleko mniej radioaktywne cyrkonie dają bardzo intensywne pola pleochroiczne. Niekiedy poszczególne kryształy otoczone są cienką, grubości do 20 μm żółtawą otózką mikrokryształicznych minerałów wtórnych. W świetle odbitym uraninit ma



Ryc. 3a. Ziarno uraninitu (U), przekrój przez naroże sześciianu. Światło odbite, nikole skrzyżowane, pow. 400 X.

Fig. 3a. Uraninite grain (U); section through corner of cube. Reflected light, crossed nicols, x 400.



Ryc. 3b. To samo ziarno uraninitu (U) w świetle odbitym równoległym. Na brzegu uraninitu widoczna otoczka zbudowana z pirytu (P), pow. 400 X.

Fig. 3b. The same uraninite grain (U) in parallel reflected light. A coating formed of pyrite (P) marked at the margin of uraninite grain, x 400.

barwę szarą i jest izotropowy. W niektórych wypadkach wokół kryształów obserwowano cienką otoczkę zbudowaną z pirytu. Piryt wyraźnie koroduje powierzchnię uraninitu, wnikając zatokowo do jego wnętrza (ryc. 3b). Drobne wrostki pirytu, o nieregularnym kształcie, występują również w brzeżnych strefach uraninitu.

Sposób występowania uraninitu, ich pokrój charakterystyczny dla uraninitów pegmatytowych, dowodzi, że powstał on w czasie krystalizacji skały. Występowanie w brzeżnych częściach ziarn biotytowych lub ich bezpośrednim sąsiedztwie wskazuje na niewątpliwą rolę biotytu w wytrącaniu tlenku uranu. Możliwe, że z krążących w skale roztworów resztkowych bogatych w uran w wyniku reakcji utleniająco-redukcyjnej między żelazem dwuwartościowym i sześciowartościowym uranem nastąpiło częściowe utlenienie żelaza i wytrącenie tlenku uranu. Nieco później, prawdopodobnie z tych samych roztworów, wydzielił się piryt, ale rolę reduktora odegrał w tym wypadku uran czterowartościowy.

Występowanie mikrokryształów uraninitu w granicie Karkonoszy jest kolejną przesłanką wskazującą na podobieństwo procesów granitizacji i mineralizacji hercyńskiej w Sudetach i we francuskim Masywie Centralnym.

Autorzy serdecznie dziękują prof. dr Władysławowi Markockiemu z Politechniki Wrocławskiej za wykonanie preparatów mikroradiograficznych.

LITERATURA

1. Backström J. W. von — The Rössing uranium deposit near Swakopmund, South-West Africa. Uranium exploration geology. Int. Atomic Energy Agency. Panel Proc. Series, Wien, 1970.
2. Coppens R. — Sur la radioactivité des granites. [W:] Colloque E. Raguin, Ed. Masson, Paris, 1973.
3. Geffroy J. — Les gites uranifères dans le Massif Central. Symposium J. Jung. Plein Air Service, Clermont-Ferrand, 1971.
4. Jeliński A. — Geochemia uranu w granitowym masywie Karkonoszy z uwzględnieniem innych masywów granitoidowych Dolnego Śląska. Biul. Inst. Geol., 1965, nr 193.
5. Jeliński A., Lis J. — Próba zastosowania emulsji jądrowej do badań nad rozmieszczeniem uranu i toru w skałach magmowych na przykładzie granitoidów. Kwart. geol., 1961, nr 1.
6. Kosztolanyi Ch. — Geochronologie des gisements uranifères français par la méthode uranium-plomb. These-Université de Nancy I, 1971.
7. Leutwein F. — Alter und paragenetische Stellung der Pechblende erzgebirgischer Lagerstätten. Geologie, Berlin, 1957, H. 6.

8. Lis J. — Geochemia niektórych pierwiastków w granitoidowym masywie Karkonoszy. Biul. Inst. Geol., 1970, nr 224.
9. Lis J., Kosztolanyi Ch., Coppens R. — Etude geochronologique du gisement polymetallique de Kowary (Pologne). Mineral. Deposita, Berlin, 1971, nr 6.
10. Lis J., Przeniosło S. — Próba zastosowania stosunku $Fe^{3+}:Fe^{2+}$ dla wyznaczania stopnia zwietrzenia granitu na przykładzie granitu karkonoskiego. Prz. geol., 1962, nr 7.
11. Pieńkowski S. i in. — Typy rozmieszczenia substancji promieniotwórczych w skałach polskich. Arch. miner., 1956, z. 1.
12. Ranchin G. — Contribution a l'étude de la repartition de l'uranium a l'état de traces dans les roches granitiques saines. Sciences de la Terre, Nancy, 1968, t. 13, nr 2.
13. Szwaacka C. J. — Analiza promieniotwórczości granitu z Karkonoszy. Arch. miner., 1955, z. 1.
14. Young E. J., Hauff P. L. — An occurrence of disseminated uraninite in Wheeler Basin, Grand County, Colorado. Jour. of Research of the USGS, Washington, 1975, vol. 3.

SUMMARY

The isotope geochemistry contributed to the rejection of the hypothesis of hydrothermal origin of uranium deposits from Hercynian granitoid massifs. The withdrawal from the classic theories made it necessary to put forward new concepts of the origin of these deposits. The new concepts are primarily based on results of the studies on distribution of uranium in granitoid massifs. The studies have shown that the most perspective areas of occurrence of uranium deposits in several regions such as Central Massif in France, Colorado, or Namibia are connected with the rock massifs where large amounts of uranium are present in the form of uraninite ingrowths in rocks. A high content of uranium in granites of the Karkonosze Mts is well known, so searchings with the use of autoradiographic method were initiated there. The searchings covered unweathered granite samples from the borehole Karkonosze IG 1. The results obtained confirm the earlier assumptions, as there were found numerous very strongly radioactive microcrystals attaining up to 0.2 mm in size. Hexagonal habit, grey colour in reflected light, isotropy and high radioactivity of these crystals indicate that we are dealing here with a uraninite. The mode of occurrence of the uraninite indicates that it originated during crystallization of the rock. Its occurrence in Karkonosze granites implicates a similarity between Hercynian granitization and mineralization processes taking place in the Sudety Mts and French Central Massif.

РЕЗЮМЕ

Изотопная геохронология опровергнула существующую до сих пор теорию касающуюся генезиса гидротермальных месторождений урана в герцинских гранитоидных массивах. Отречение от классических теории вызвало необходимость разработки новых концепций генезиса месторождений. Основой для этих концепций стали исследования размещения урана в гранитоидных массивах. Во многих районах (Французский Центральный Массив, Колорадо, Намибия) отмечено, что самыми перспективными для урановых месторождений являются массивы с высоким содержанием урана, выступающего в горных породах в форме вростков уранинита. Имея в виду высокое содержание урана в гранитах Карконо-

шей — были проведены авторадиграфическим методом, поиски уранитита в образцах невыветренного гранита из скважины Карконоше ИГ-1. В результате этих исследований было обнаружено большое количество микрокристаллов (величиной не более 0,2 мм) характеризующихся очень высокой радиоактивностью. Кубический облик кристаллов, их серый цвет в отражённом свете, изотропность и высокая радиоактивность указывают на то, что это кристаллы уранитита. Способ нахождения уранинита свидетельствует о том, что он образовался во время кристаллизации породы. Нахождение уранинита в гранитах Карконошей указывает на сходство процессов герцинской гранитизации и минерализации в Судетах и во французском Центральном Массиве.